

НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ РАЗМЯГЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛЬДА ПРИ ТРЕНИИ

А.В.Хоменко^{1,2}, Б.Н.Й.Перссон², М.А.Хоменко¹, С.В.Руденко¹

¹Сумский государственный университет, Сумы

²Институт Петера Грюнберга-1, Исследовательский центр Юлиха, 52425

Юлих, Германия

e-mail: o.khomenko@mss.sumdu.edu.ua

Трение льда и снега имеет большое значение в быту, спорте, природе и промышленности [1]. Кинетика трения льда определяется такими процессами, как адгезия, поверхностное плавление и плавление под давлением, фрикционный нагрев, ползучесть и разрушение. Исследователи широко развивали идею появления уменьшающей трение пленки воды на поверхности льда, поскольку понимание условий ее формирования необходимо для практического применения. В работе установлено, что поверхность льда размягчается при трении в результате спонтанного появления деформации сдвига, вызванного внешним сверхкритичным нагревом [2]. Это превращение описывается уравнением Кельвина-Фойгта для вязкоупругой среды, релаксационными уравнениями типа Ландау-Халатникова для сдвиговых напряжений и теплопроводности. Показано, что данные уравнения формально совпадают с синергетической системой Лоренца, где параметр порядка сводится к деформации сдвига, напряжение является сопряженным полем, и температура играет роль управляющего параметра. В простейшем случае связь между напряжением и деформацией описывается моделью Кельвина-Фойгта. Влияние температуры обусловлено критическим увеличением модуля сдвига при уменьшении температуры: модуль равен нулю в воде, и имеет ненулевое значение для льда. Взаимодействие указанных факторов приводит к стационарному состоянию, в котором деформация сдвига может принимать аномально большое значение, при сверхкритической величине тепловой энергии, введенной в поверхностный слой. Критическая скорость нагрева пропорциональна релаксированному модулю сдвига льда и обратно пропорциональна его характерному значению. Обсуждается режим трения размягченной пленки льда, подобной смазке, то есть модель применима при сухом трении льда, когда температура слишком низкая для того, чтобы лед расплавился. При использовании адиабатического приближения получены стационарные значения основных величин. Рассмотрены переходы первого и второго родов.

[1] A.-M.Kietzig, S.G.Hatzikiriakos, and P.Englezos, Journal of Applied Physics 107 (8), 081101 (2010).

[2] A.V.Khomenko, Condens. Matter Phys. 17 (3), 33401: 1-10 (2014).

Хоменко А.В. Нелинейная модель размягчения поверхности льда при трении / А.В. Хоменко, Б.Н.Й. Перссон, М.А. Хоменко, С.В. Руденко // ІЕФ-2015: Міжнародна конференція молодих учених і аспірантів, 18-22 травня 2015 р.: тези допов. – Ужгород, 2015. – С. 210.